

KAJIAN PENANGANAN BANJIR KALI CILIWUNG DKI JAKARTA DITINJAU DARI ASPEK HIDRO-EKONOMI (STUDI KASUS PADA RUAS CAWANG – PINTU AIR MANGGARAI)

Heriantono Waluyadi¹⁾, Rachmad Jayadi²⁾, Djoko Legono²⁾

1) Directorate General of Water Resources, Departement of Public Work,

2) Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,
Jalan Grafika No. 2 Yogyakarta

ABSTRACT

Every year in a rainy season, flood inundates several areas along Ciliwung River, especially in the Cawang – Manggarai reach. Flood in this reach is caused by land use changing in upstream area and narrower the river width in the downstream area. Several planning will be implemented to reduce the flood, which are normalization with widening river, revetment and dike construction also diversion channel from Ciliwung River to East Banjir Kanal. To determine the benefit of every flood control structure the integrated and comprehensive considerations is required.

The study of performance of flood management planning with hydro-economy approach that considers hydrologic, hydraulic and economic aspect is conducted in this study. The aim of this study is to determine the benefit of every flood control structure. Before determining the benefit of flood control structure, the expected annual damage must be calculated, the calculation is based on discharge-probability of exceedence curve, discharge-stage curve and stage-damage curve. The relation from above three curves will be needed for damage-probability of exceedence curve. As a result from this curve the expected annual damage and the benefit of flood control structure can be determined.

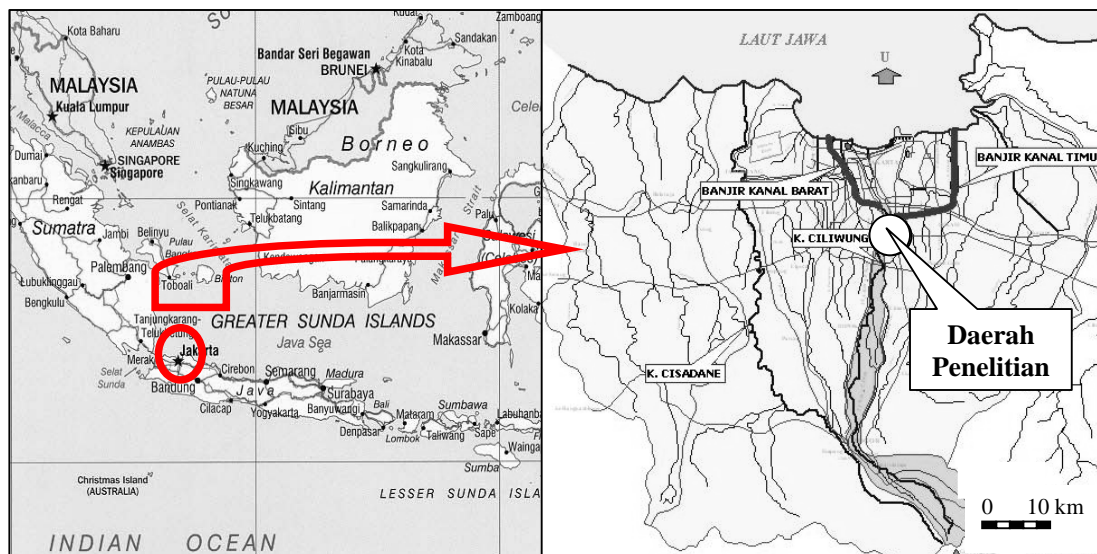
The results of analysis are that the benefit of flood control structure for normalization, diversion channel with 2,5 m in width gate, diversion channel with 3,0 m in width gate and diversion channel with 3,5 m in width gate are Rp. 20 billion, Rp. 16.1 billion, Rp. 18.9 billion and Rp. 20.1 billion respectively.

KEYWORDS : *normalization, integrated and comprehensive, benefit of flood control structure.*

PENGANTAR

Kali Ciliwung dengan sumber mata air dari Gunung Panggrango memiliki panjang 109 km dan luas DAS 347 km², melewati Bogor, Depok dan bermuara di pantai utara DKI Jakarta seperti disajikan dalam Gambar 1. Setiap tahun di musim hujan beberapa ruas Kali Ciliwung, terutama antara ruas Cawang – Pintu Air Manggarai di Propinsi DKI Jakarta, mengalami luapan genangan banjir. Genangan yang terjadi di daerah tersebut disebabkan karena perubahan tata guna lahan di daerah hulu yang akan berpengaruh pada perubahan karakteristik banjir baik dari segi besarnya banjir dan lama waktu kejadian banjir, genangan banjir juga disebabkan oleh adanya penyempitan sungai oleh padatnya pemukiman di bantaran sungai yang mengakibatkan kapasitas aliran Kali Ciliwung lebih kecil dari pada debit banjir yang terjadi. Beberapa rencana penanganan banjir Kali Ciliwung pada ruas Cawang – Pintu Air Manggarai antara lain yaitu

pelebaran sungai, perkuatan tebing dan pembuatan tanggul serta pembuatan saluran pengelak banjir/sudetan (*diversion channel*) dari Kali Ciliwung ke Banjir Kanal Timur. Mengingat adanya kecenderungan semakin besarnya debit banjir dan semakin kecilnya kapasitas tampung Kali Ciliwung dari tahun ke tahun, kiranya persoalan tersebut perlu mendapatkan perhatian yang serius di dalam penanganannya.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian.

Penanganan banjir Kali Ciliwung pada ruas Cawang – Pintu Air Manggarai mengacu pada pola induk pengendalian banjir sub wilayah banjir sistem Banjir Kanal Barat, Satuan Kerja Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Ciliwung Cisadane, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. Program normalisasi Kali Ciliwung adalah dengan dengan pelebaran sungai, perkuatan tebing sungai dan pembuatan tanggul di sepanjang Kali Ciliwung, namun sampai saat ini program tersebut belum dapat dilaksanakan karena proses pembebasan tanah yang belum selesai, mengingat daerah sepanjang Kali Ciliwung melintasi daerah pemukiman dan pusat perekonomian yang padat. Dengan adanya kendala yang terjadi pada rencana penanganan banjir Kali Ciliwung tersebut, maka pada tahun 2005 PT. Pratiwi Adhiguna Konsultan melakukan studi dan diperoleh hasil bahwa elevasi muka air banjir Kali Ciliwung lebih tinggi dari elevasi muka air banjir Kali Cipinang, Kali Cipinang merupakan hulu dari Banjir Kanal Timur. Dari hasil studi tersebut, PT. Pratiwi Adhiguna Konsultan merekomendasikan dimungkinkannya dibuat sudetan (*diversion channel*) dari Kali Ciliwung ke Kali Cipinang, untuk mengalihkan sebagian debit banjir Kali Ciliwung ke Banjir Kanal Timur.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji beberapa alternatif rencana penanganan Banjir Kali Ciliwung oleh Satuan Kerja Pengendalian Banjir dan Pengamanan Pantai Ciliwung

Cisadane dengan mempertimbangkan aspek hidrologi, hidraulika dan ekonomi. Berdasarkan hasil penelitian ini, diharapkan dapat ditentukan besar manfaat bangunan pengendali banjir dan besar kerugian banjir rata-rata tahunan pada beberapa rencana pengelolaan banjir di ruas Cawang – Pintu Air Manggarai dengan pendekatan hidro-ekonomi.

Tinjauan dari aspek hidrologi adalah bahwa kaidah teknis perencanaan sebagai dasar pembangunan infrastruktur adalah perlu dipahami bahwa penyediaan infrastruktur, pada prinsipnya didasarkan pada kajian dan kaidah-kaidah teknis perencanaan dengan mengacu pada standar perencanaan dengan tingkat tertentu, yang menghasilkan bangunan prasarana dengan kapasitas dan tingkat kemampuan tertentu pula. Karenanya kemampuan prasarana itu sendiri juga mengandung keterbatasan dan faktor resiko tertentu. Tidak ada jaminan bahwa suatu prasarana mampu menjamin seratus persen tuntas dalam penyelesaian masalah alam dan lingkungan yang dinamis (Siswoko, 2006). Dalam kaitannya dengan rencana pembuatan bangunan air, salah satu besaran rancangan yang harus didapatkan melalui kegiatan analisis hidrologi adalah besaran debit banjir rancangan (*design flood*). Banjir rancangan adalah besarnya debit banjir yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas bangunan dan untuk mendimensi bangunan hidraulik (termasuk bangunan di sungai), sedemikian hingga kerusakan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui (Sri Harto, 1993). Secara umum banjir rancangan ditetapkan berdasarkan pertimbangan hidro-ekonomi, yaitu terkait dengan hal-hal berikut ini (Rachmad Jayadi, 2005).

- a. Urgensi bangunan air terkait dengan resiko kegagalan fungsi bangunan.
- b. Ekonomi dengan memperhatikan kemampuan penyediaan dana untuk pembangunan, operasi dan pemeliharaan bangunan air yang dirancang.

Tinjauan dari aspek hidraulika bahwa untuk menentukan elevasi muka air banjir rancangan digunakan analisis profil muka air (analisis hidraulik) dengan memakai data debit yang diambil dari data debit puncak atau data hidrograf debit rancangan yang diperoleh dari analisis hidrologi dan dengan memakai data geometri penampang sungai (Mays, 1996). Dalam perkembangannya, alat bantu perhitungan cara penelusuran hidraulik (analisis elevasi muka air) berupa *software-software* mulai dipergunakan. *Software* yang berbasis penelusuran hidraulika antara lain : HEC-RAS (*Hydrologic Engineering Center's River Analysis System*) adalah *software* yang diproduksi oleh *US Army Corps of Engineers- Hydrologic Engineering Center* (Anton DPM, 2004).

Dari tinjauan aspek ekonomi manfaat dari bangunan pengendali banjir dapat diperkirakan dari kerugian akibat banjir yang dapat dicegah sebagai akibat dari pembangunan bangunan pengendali banjir tersebut. Maka untuk menghitung manfaat bangunan pengendali banjir perlu

diketahui kerugian banjir rata-rata tahunan terlebih dahulu. Untuk menghitung kerugian banjir rata-rata tahunan diperlukan beberapa hal sebagai berikut ini (Kuiper, 1971).

- a. Kurva probabilitas debit terlampaui (kurva frekuensi banjir).

Kurva ini didapat dari analisis statistik, data hidrologi, debit maximum tahunan.

- b. Kurva hubungan antara tinggi muka air H – debit banjir Q (*rating curve*).

Dengan beberapa kali pengukuran debit dan tinggi muka airnya pada beberapa kejadian banjir maka dapat dibuat hubungan antara tinggi muka air dan debitnya pada suatu tempat.

- c. Kurva kerugian akibat banjir.

Dengan mengumpulkan data-data kerugian yang pernah terjadi serta perkiraan kerugian banjir pada tiap elevasi muka air.

CARA PENELITIAN

Pada tahap awal, pengolahan data pada penelitian ini yaitu dengan kajian persoalan yang ada pada Kali Ciliwung dan mereview studi yang terkait dengan penanganan banjir pada Kali Ciliwung.

Pada analisis hidrologi, untuk menghitung hujan rata-rata DAS, dihitung terlebih dahulu faktor bobot Thiessen. Perhitungan nilai perbandingan antara luas poligon yang mewakili setiap setasiun terhadap luas total DAS tersebut sebagai faktor bobot Thiessen untuk setasiun tersebut. Untuk mencari luas tiap poligon yang mewakili tiap setasiun menggunakan bantuan software AutoCad. Pada Penelitian ini digunakan 4 setasiun hujan yaitu setasiun hujan Sawangan, setasiun hujan Halim Perdana Kusuma, setasiun hujan Cilember dan setasiun hujan Cibinong. Data hujan rata-rata DAS tersebut kemudian diproses menggunakan analisis frekuensi untuk mendapatkan hujan harian maksimum rancangan untuk kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250 dan 500 tahunan. Distribusi hujan jam-jaman digunakan hasil analisis Sebastianus Priambodo di DAS Ciliwung dengan menggunakan hujan terdistribusi 5 jam secara urut pada jam pertama 38%, 28%, 11%, 14% dan 9%. Analisis debit banjir pada Kali Ciliwung menggunakan metode Nakayasu, untuk menghitung hidrograf satuan sintetis pada DAS Ciliwung. Hidrograf banjir rancangan dititik kontrol setasiun MT Haryono pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250 dan 500 tahunan, dihitung dengan memakai data hidrograf satuan sintetis dan data hujan harian maksimum rancangan yang telah didistribusi menjadi 5 jam.

Pada analisis hidraulika dilakukan *routing* pada saluran dengan bantuan software HEC RAS. *Routing* dilakukan pada masing-masing alternatif perencanaan. Adapun alternatif perencanaannya adalah sebagai berikut:

- Plan-1. Yaitu kondisi tanpa penanganan. Pada kondisi ini, tidak dilakukan tindakan pengelolaan banjir pada Kali Ciliwung. Dengan menggunakan data hasil pengukuran PT. Satyakarsa Mudatama tahun 1997. Diasumsikan bahwa Pintu Air Manggarai dibuka pada saat banjir dan Pintu Air ke Saluran Ciliwung Lama ditutup,
- Plan-2. Yaitu alternatif perencanaan pengelolaan banjir dengan menggunakan normalisasi sungai dengan pelebaran sungai, perkuatan tebing dan pembuatan tanggul. Referensi normalisasi Kali Ciliwung menggunakan hasil perencanaan dari PT. Satyakarsa Mudatama tahun 1997,
- Plan-3. Yaitu alternatif perencanaan pengelolaan banjir dengan menggunakan sudetan atau floodway. Dalam penelitian ini saluran pada sudetan dilengkapi dengan 1 buah pintu air dengan tinggi 7 m dan lebar pintu 2,5 m,
- Plan-4. Yaitu alternatif perencanaan pengelolaan banjir dengan menggunakan sudetan atau floodway. Dalam penelitian ini saluran pada sudetan dilengkapi dengan 1 buah pintu air dengan tinggi 7 m dan lebar pintu 3,0 m,
- Plan-5. Yaitu alternatif perencanaan pengelolaan banjir dengan menggunakan sudetan atau floodway. Dalam penelitian ini saluran pada sudetan dilengkapi dengan 1 buah pintu air dengan tinggi 7 m dan lebar pintu 3,5 m.

Desain pada dimensi pintu air dan dimensi saluran sudetan belum pernah dilakukan kajian, sehingga pada penelitian ini desain dari dimensi pintu air digunakan alternatif lebar pintu untuk sudetan dengan lebar 2,5 m, 3,0 m, 3,5 m. Hal ini didasarkan pada kapasitas debit yang dapat dialirkan oleh Banjir Kanal Timur dan sebagai kajian beberapa alternatif penanganan banjir Kali Ciliwung dengan bangunan pengendali banjir berupa sudetan. Sedangkan dimensi saluran pada sudetan direncanakan dengan bentuk trapesium. Kondisi saat ini saluran rencana sudetan sepanjang 1 km sudah ada mulai dari pertemuan saluran tersebut dengan Kali Ciliwung, saluran tersebut merupakan saluran drainase dengan lebar antara 35 – 55 m. Data yang dibutuhkan dalam routing selain data geometri setiap alternatif perencanaan juga data hidrologi. Data hidrologi digunakan data hidrograf banjir rancangan dititik kontrol MT Haryono pada kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250 dan 500 tahunan.

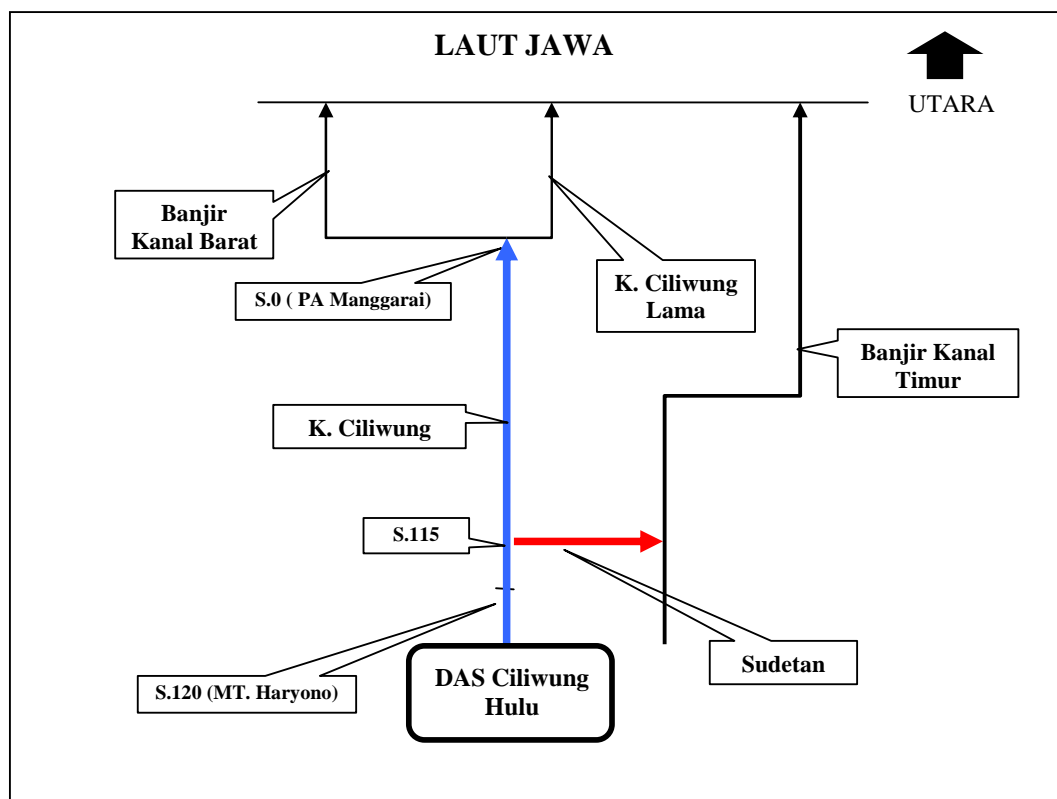
Pada Analisis Ekonomi, langkah pertama yang dilakukan adalah menginventarisasi struktur di sepanjang ruas sungai yang terkena dampak banjir. Inventarisasi struktur tersebut meliputi kategori struktur, harga struktur dan harga isi struktur. Kategori struktur ditentukan oleh perbedaan jumlah kerusakan yang mungkin timbul pada bangunan tersebut. Harga bangunan struktur ditentukan dengan melakukan pendekatan harga bangunan per m². Penentuan tinggi

elevasi setiap struktur dilakukan, hal ini untuk mengetahui tingkat kerusakan setiap struktur pada kondisi tiap kala ulang banjir 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250 dan 500 tahunan. Analisis selanjutnya adalah menghitung kerugian banjir rata-rata tahunan untuk setiap alternatif perencanaan. Untuk menghitung kerugian banjir rata-rata tahunan dibutuhkan kurva probabilitas debit terlampaui, kurva hubungan antara tinggi muka air H – debit banjir Q , kurva kerugian akibat banjir digunakan.

Pada pemilihan alternatif. yang merupakan tahap akhir, hasil perhitungan dengan analisis hidrologi, hidraulika dan ekonomi akan menghasilkan seberapa besar tingkat kerugian banjir rata-rata tahunan pada tiap alternatif perencanaan. Hasil yang paling optimal adalah alternatif perencanaan yang memiliki tingkat kerugian banjir rata-rata tahunan paling kecil dan alternatif perencanaan yang memiliki besar manfaat bangunan pengendali banjir yang paling besar.

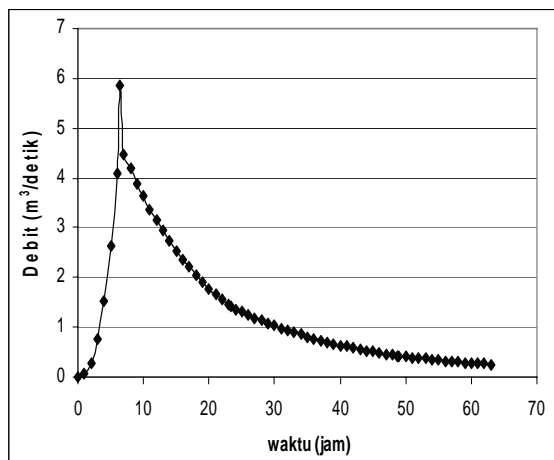
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian terletak di Kali Ciliwung antara ruas Cawang/Jembatan MT Haryono sampai dengan Pintu Air Manggarai dengan panjang 7,6 km, adapun skema daerah penelitian sebagaimana terlampir pada Gambar 2.

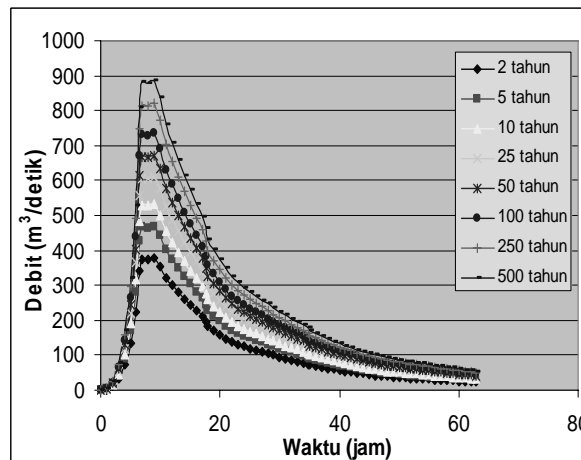


Gambar 2. Skema daerah penelitian.

Pada analisis hidrologi didapatkan hidrograf satuan sintetik dengan metode Nakayasu adapun hasil analisis dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3, luas DAS Ciliwung di hulu titik kontrol MT Haryono adalah sebesar 319 km^2 , dengan panjang sungai sebesar $90,65 \text{ km}$, dan didapatkan hasil bahwa besar debit puncak (Q_p) adalah $4,96 \text{ m}^3/\text{detik}$, dengan waktu konsentrasi (t) adalah $6,36 \text{ jam}$. Untuk hasil analisis hidrograf banjir rancangan dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250 dan 500 tahunan, dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.

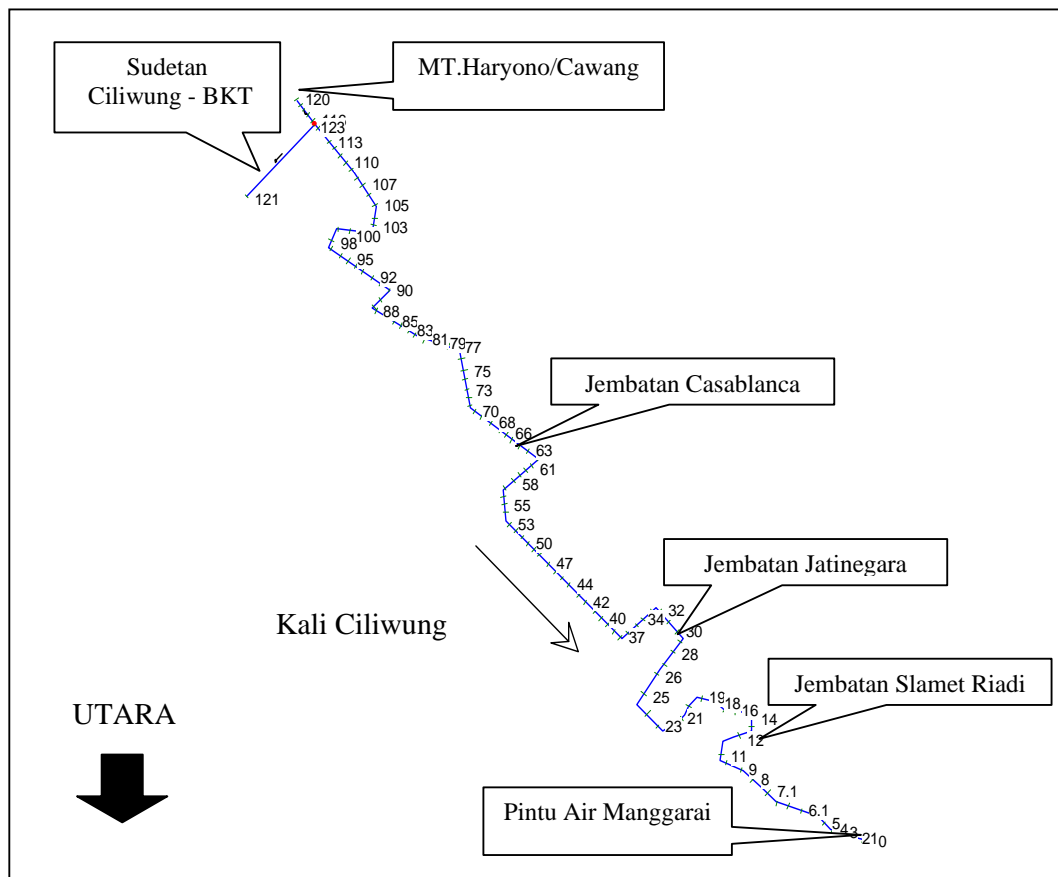


Gambar 3. Grafik hidrograf satuan sintetik pada DAS Ciliwung dititik kontrol setasiun MT Haryono.

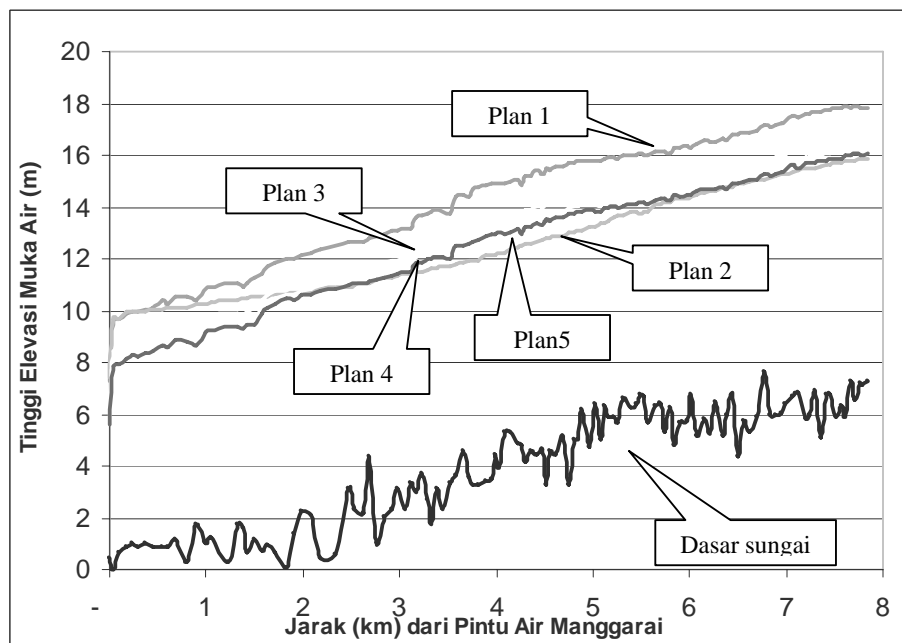


Gambar 4. Grafik hidrograf banjir pada DAS Ciliwung dititik kontrol setasiun MT Haryono.

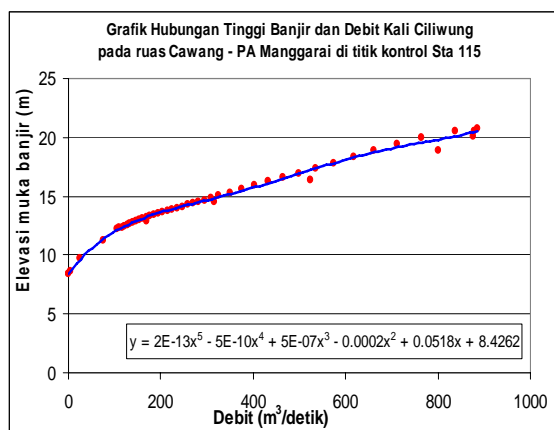
Pada analisis hidraulika, penomoran untuk data geometri pada sepanjang daerah penelitian pada input pada HEC-RAS dapat dilihat pada Gambar 5. Dari hasil running program HEC-RAS pada input hidrograf banjir dengan kala ulang 100 tahunan didapatkan ketinggian untuk plan 1, plan 2, plan 3, plan 4 dan plan 5 adalah seperti pada Gambar 6. Untuk acuan didalam penentuan kurva hubungan debit – tinggi muka air banjir, kurva probabilitas terlampaui – debit, kurva tinggi muka air banjir – damage dan probabilitas terlampaui dan damage ditetapkan setasiun 115 sebagai titik kontrol, dimana titik pada stasiun 115 yang merupakan pertemuan antara Kali Ciliwung dan sudetan Kali Ciliwung ke Banjir Kanal Timur. Sehingga dengan menggunakan titik kontrol setasiun 115 dari analisis dengan HEC RAS didapatkan grafik hubungan antara tinggi elevasi muka air banjir dengan debit pada titik setasiun 115 seperti Gambar 7. Serta didapatkan grafik hubungan probabilitas terlampaui dengan debit pada titik setasiun 115 seperti pada Gambar 8.



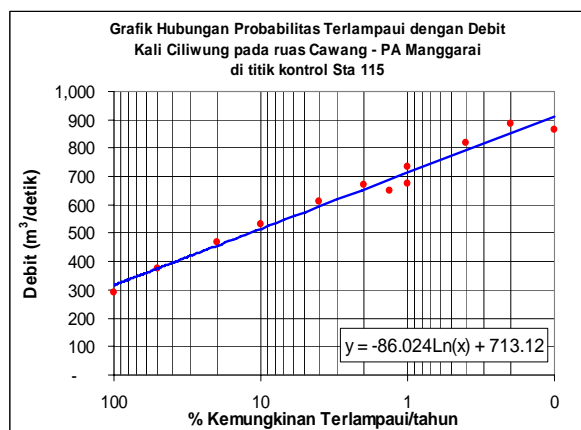
Gambar 5. Tampilan penomoran cross section HEC-RAS.



Gambar 6. Tinggi elevasi muka air banjir pada kala ulang 25 tahun di ruas Cawang-Pintu Air Manggarai



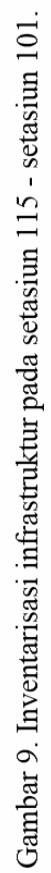
Gambar 7. Kurva hubungan tinggi muka air banjir dan debit yang terjadi.

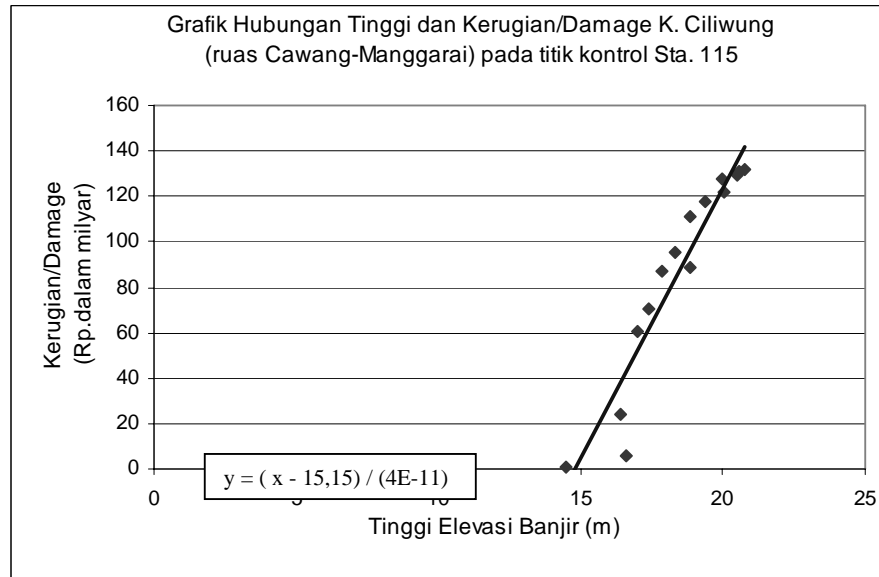


Gambar 8. Kurva hubungan probabilitas terlampaui dengan debit.

Pada analisis ekonomi, dilakukan inventarisasi struktur yang terkena dampak banjir dari setasiun 120 – setasiun 0. Untuk menentukan besar kerusakan infrastruktur akibat banjir pada ruas Cawang – Pintu Air Manggarai, dibutuhkan ketinggian elevasi muka air banjir di setiap setasiun sepanjang ruas Cawang – Pintu Air Manggarai, acuan untuk penentuan tinggi elevasi muka air banjir di tiap setasiun sepanjang ruas tersebut digunakan kondisi tinggi muka air banjir pada waktu yang sama dengan waktu pada setasiun 115. Hasil inventarisasi pada stasiun 115 – setasiun 101 dapat dilihat pada Gambar 9. Dari hasil inventarisasi struktur didapatkan grafik hubungan antara besar kerusakan akibat banjir dengan tinggi muka air banjir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10.

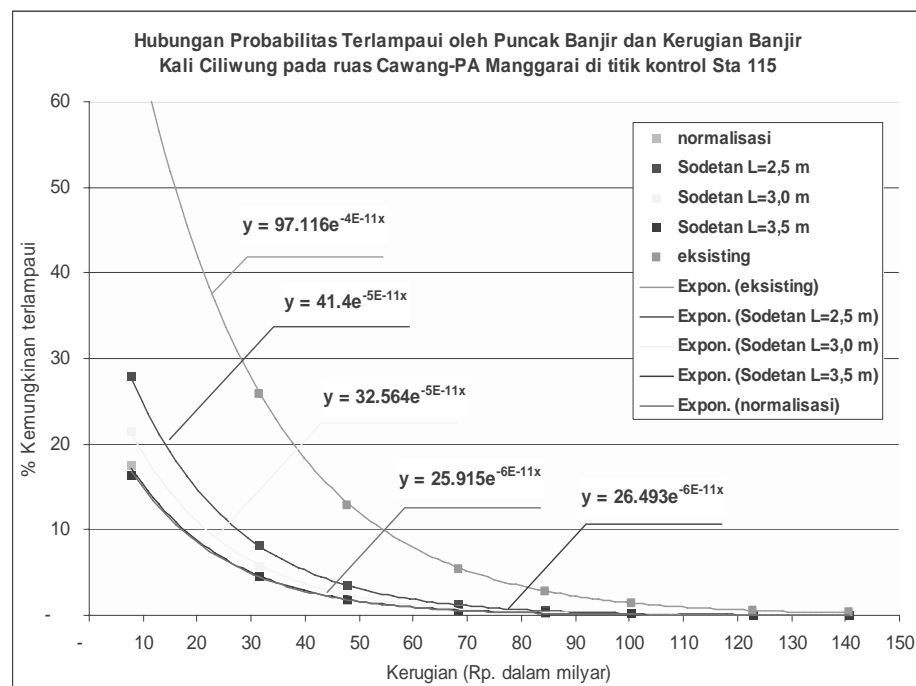
Setelah kurva hubungan tinggi muka air banjir dan debit, kurva hubungan probabilitas terlampaui dengan debit dan kurva hubungan antara kerusakan akibat banjir dan tinggi muka air banjir diperoleh, maka dicari hubungan antara probabilitas terlampaui dan besar kerugian akibat banjir yang terjadi seperti pada Gambar 11. Tahap berikutnya untuk perhitungan kerugian banjir rata-rata tahunan, digunakan cara dengan mengintegalkan areal dibawah kurva pada masing-masing alternatif perencanaan. Metode luasan trapesium digunakan untuk menghitung luasan di bawah kurva didapatkan hasil kerugian banjir rata-rata tahunan sebagai berikut bahwa besar kerugian rata-rata tahunan pada Plan 1, Plan 2, Plan 3, Plan 4 dan Plan 5 masing-masing sebesar Rp. 24.560.982.632,- per tahun, Rp. 4.546.868.987,- per tahun, Rp. 8.448.950.244,- per tahun, Rp. 5.588.806.164,- per tahun dan Rp. 4.447.669.566,- per tahun. Untuk analisis manfaat bangunan pengendali banjir adalah sama dengan selisih kerugian sebelum dan sesudah ada bangunan pengendali banjir. Dengan demikian manfaat bangunan pada Plan 2, Plan 3, Plan 4 dan Plan 5 masing-masing sebesar Rp. 20.014.113.636,- per tahun, Rp. 16.112.032.379,- per tahun, Rp. 18.972.176.559,- per tahun dan Rp. 20.113.313.057,- per tahun.





Gambar 10. Grafik hubungan antara kerusakan akibat banjir (damage) dengan tinggi muka air banjir.

Dari hasil analisis hidrolika, bahwa pada plan 2 penurunan elevasi muka air banjir dari kondisi eksisting (plan 1) terjadi pada hulu ruas Cawang-Pintu Air Manggarai, sedangkan pada Pintu Air Manggarai terjadi kenaikan elevasi muka air banjir. Untuk plan 3, 4 dan 5, penurunan elevasi muka air banjir terjadi di sepanjang ruas Cawang-Pintu Air Manggarai.



Gambar 11. Grafik hubungan antara probabilitas terlampaui dan besar kerugian akibat banjir yang terjadi.

Sedangkan hasil analisis ekonomi didapatkan bahwa pada plan 5 memiliki besar manfaat bangunan pengendali banjir paling besar dari keempat alternatif plan, dan pada plan 5 memiliki besar kerugian rata-rata paling kecil dari keempat alternatif plan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kajian mengenai penanganan banjir Kali Ciliwung DKI Jakarta ditinjau dari aspek hidro-ekonomi dapat disimpulkan sebagai berikut ini.

1. Alternatif penanganan normalisasi dengan pelebaran, perkuatan tebing dan pembuatan tanggul di ruas Kali Ciliwung, mampu mengurangi tinggi elevasi muka air banjir terhadap kondisi eksisting (plan 1) di setasiun 115 (lokasi pertemuan Kali Ciliwung dengan sudetan Banjir Kanal Timur), setasiun 67 (jembatan Casablanca), setasiun 30 (jembatan Jatinegara) dan setasiun 12 (jembatan Slamet Riadi) pada kondisi banjir kala ulang 25 tahunan masing-masing sebesar 214 cm, 271 cm, 163 cm dan 64 cm, sedangkan pada setasiun 0 (Pintu Air Manggarai) pada kondisi banjir kala ulang 25 tahunan terjadi kenaikan tinggi elevasi muka air bajir sebesar 10 cm dari kondisi eksisting (plan 1).
2. Alternatif penanganan sudetan Kali Ciliwung ke Banjir Kanal Timur dengan lebar pintu 2,5 m, memberikan penurunan tinggi elevasi muka air banjir terhadap kondisi eksisting (plan 1) di setasiun 115 (lokasi pertemuan Kali Ciliwung dengan sudetan Banjir Kanal Timur), setasiun 67 (jembatan Casablanca), setasiun 30 (jembatan Jatinegara), setasiun 12 (jembatan Slamet Riadi) dan setasiun 0 (Pintu Air Manggarai) pada kondisi banjir kala ulang 25 tahunan masing-masing sebesar 130 cm, 132 cm, 111 cm, 112 cm dan 116 cm.
3. Alternatif penanganan sudetan Kali Ciliwung ke Banjir Kanal Timur dengan lebar pintu 3,0 m, memberikan penurunan tinggi elevasi muka air banjir terhadap kondisi eksisting (plan 1) di setasiun 115 (lokasi pertemuan Kali Ciliwung dengan sudetan Banjir Kanal Timur), setasiun 67 (jembatan Casablanca), setasiun 30 (jembatan Jatinegara), setasiun 12 (jembatan Slamet Riadi) dan setasiun 0 (Pintu Air Manggarai) pada kondisi banjir kala ulang 25 tahunan masing-masing sebesar 167 cm, 170 cm, 143 cm, 144 cm dan 150 cm.
4. Alternatif penanganan sudetan Kali Ciliwung ke Banjir Kanal Timur dengan lebar pintu 3,5 m, memberikan penurunan tinggi elevasi muka air banjir terhadap kondisi eksisting (plan 1) di setasiun 115 (lokasi pertemuan Kali Ciliwung dengan sudetan Banjir Kanal Timur), setasiun 67 (jembatan Casablanca), setasiun 30 (jembatan Jatinegara), setasiun 12 (jembatan Slamet Riadi) dan setasiun 0 (Pintu Air Manggarai) pada kondisi banjir kala ulang 25 tahunan masing-masing sebesar 192 cm, 196 cm, 164 cm, 165 cm dan 172 cm.

5. Dari hasil analisis hidrolika, bahwa pada plan 2 penurunan elevasi muka air banjir dari kondisi eksisting (plan 1) terjadi pada hulu ruas Cawang-Pintu Air Manggarai, sedangkan pada Pintu Air Manggarai terjadi kenaikan elevasi muka air banjir. Untuk plan 3, 4 dan 5, penurunan elevasi muka air banjir terjadi di sepanjang ruas Cawang-Pintu Air Manggarai.
6. Analisis beberapa alternatif rencana penanganan banjir di Kali Ciliwung pada ruas Cawang – Pintu Air Manggarai, didapatkan bahwa plan 5 yaitu alternatif perencanaan pengelolaan banjir dengan sudetan lebar pintu 3,5 m menghasilkan besar kerugian banjir rata-rata tahunan sebesar Rp.4.447.669.566,- per tahun, sedangkan besar kerugian rata-rata tahunan untuk plan 1 yaitu alternatif pada kondisi tanpa penanganan adalah sebesar 24.560.982.623,- per tahun. Besar manfaat pengendali banjir adalah selisih kerugian pada kondisi tanpa penanganan dan sesudah ada bangunan pengendali banjir. Besar manfaat pengendali banjir pada plan 5 sebesar Rp.20.113.313.057,- per tahun.

Adapun saran pada kajian penelitian ini adalah perlunya dilakukan kajian lebih lanjut melalui penelitian dengan memperhatikan aspek sosial dan budaya, kajian lebih lanjut pada aspek hidraulika mengenai kajian *lateral inflow* yang berasal dari jaringan drainase mikro di sepanjang ruas sungai, serta pada aspek ekonomi perlu dilakukan kajian tambahan mengenai penentuan alternatif yang paling optimal dengan memperhitungkan biaya konstruksi dan biaya pembebasan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi Suyanto, Trie M Sunaryo, Roestam Syarif, 2003, *Ekonomi Teknik Proyek Sumber Daya Air*, Jilid ke II, PT. Mediatama Saptakarya, Jakarta.
- Anton Dharma Pusaka Mas, 2004, *Analisis Kinerja Perencanaan Pengelolaan Banjir (Studi Kasus Saluran Gunung Sari di Kota Surabaya)*, Tesis, Program MPBA, Sekolah Pascasarjana, UGM, Yogyakarta.
- Airlangga Mardjono, 2003, *River Improvement of Cawang – Manggarai Reach on Ciliwung River in the means of Flood Disaster Mitigation*, Tesis, Program MPBA, Sekolah Pascasarjana, UGM, Yogyakarta.
- Chow, V. T. , Maidment, D. and Mays, Larry W., 1988, *Applied Hydrology*, Mc Graw Hill, New York.
- Chow, V. T. 1997, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- HEC, 1996, *HEC-FDA Flood Damage Anaysis User's Manual*, US Army Corps of Engineers, California.
- HEC, 2002, *HEC-RAS User's Manual*, US Army Corps of Engineers, Davis, California.
- Kuiper E, 1971, *Water Resources Project Economics*, Hazell, Watson and Viney Ltd, England.
- Mays, Larry W, 1996, *Water Resources Handbook* , Mc Graw Hill, New York.

- Rachmad Jayadi, 2003, *Applied Hydrology*, Program MPBA, Sekolah Pascasarjana, UGM, Yogyakarta.
- Robert J. Kodoatie, Sugiyanto, 2002, *Banjir*, Cetakan I, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Sebastianus Priambodo, 2002, *Karakteristika Hujan Di Beberapa Stasiun Hujan Di Wilayah DKI Jakarta*, Tesis, Program MPSA, Sekolah Pascasarjana, UGM, Yogyakarta.
- Siswoko, 2006, *Pengelolaan Bencana Alam*, Program MPBA, Sekolah Pascasarjana, UGM, Yogyakarta.
- Soemarto CD., BIE., Dipl.H, 1987, *Hidrologi Teknik*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Sri Harto Br., 2000, *Hidrologi, Teori, Masalah, Penyelesaian*, Nafiri, Yogyakarta.
- Suryadarma Hasyim, 2006, *Petunjuk Pemakaian Software HEC-RAS Ver. 3.1.*, Program MPBA, Sekolah Pascasarjana, UGM, Yogyakarta.